



## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung zum Betrieb eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug.

Ein solches Lenksystem ist aus der DE-OS 40 31 316 (entspricht der US 5,205,371) bekannt und soll, soweit es zum Verständnis der vorliegenden Erfindung relevant ist, anhand der Fig. 1 und 2 erläutert werden. Bei einem solchen Lenksystem werden die vom Fahrer durch das Lenkrad 11 bzw. 21 aufgetragenen Lenkbewegungen, der durch den Sensor 28 erfaßte Lenkradwinkel  $\delta_L$ , in dem Überlagerungsgetriebe 12 bzw. 22 mit den Bewegungen, dem Motorwinkel  $\delta_M$ , des Stellantriebes 13 bzw. 23 überlagert. Die so entstandene Gesamtbewegung  $\delta_L'$  wird über das Lenkgetriebe 14 bzw. das Lenkgestänge 16 an die lenkbar ausgelegten Räder 15a und 15b zur Einstellung des Lenkwinkels  $\delta_V$  weitergeleitet. Hierbei kann der Stellantrieb 13 bzw. 23 als Elektromotor ausgelegt sein. Das Funktionsprinzip eines solchen Lenksystems besteht darin, daß der Motorwinkel  $\delta_M$  zur Beeinflussung des dynamischen Verhaltens des Fahrzeugs abhängig von dem Lenkradwinkel  $\delta_L$  und abhängig von Signalen  $S_m$  bestimmt wird, wobei der Lenkradwinkel  $\delta_L$  über den Sensor 28 ermittelt wird und die Signale  $S_m$  die durch die Sensoren 26 erfaßten Fahrzeugbewegungen repräsentieren. Der Gesamtlenkwinkel ergibt sich entsprechend dem Zusammenhang

$$\delta_L' = \delta_L/i_{\bar{u}} + \delta_M,$$

wobei das Übersetzungsverhältnis  $i_{\bar{u}} = 1$  oder  $i_{\bar{u}} \approx 1$  sein kann.

Die DE-A1-36 25 392 zeigt die Abgabe eines Korrektursignals an einen Stellmotor, der den Vorderradlenkwinkel beeinflusst. Das Korrektursignal ist dabei abhängig von einer Soll-Ist-Giergeschwindigkeitsabweichung.

Die Kompensation von Seitenwindeinflüssen durch einen überlagerten Lenkwinkelgriff zeigt die GB-PS 1,414,206.

Die DE-OS 40 38 079 (entspricht der US 5,316,379) zeigt eine Überlagerung eines Lenkanteils (Kompensationslenkwinkel) am Vorderrad und/oder Hinterrad. Der Kompensationslenkwinkel, der abhängig von den Bremsdruckdifferenzen ist, kompensiert dabei die Gierbewegung bei sogenannten  $\mu$ -Split-Bremsungen, das heißt bei Bremsungen, bei denen die Fahrbahnreiwerte auf der rechten und linken Fahrbahnseite signifikant verschieden sind. Hierbei kann es aber zu dem Problem kommen, daß die Bremsdruckdifferenz nur ein ungenaues Maß für das Giermoment darstellt, das insbesondere durch verschiedene Reifen links und rechts, Fading, ungleichmäßigen Bremsenverschleiß, ABS-Fehlfunktion oder Bremskreisausfall stark verfälscht werden kann.

In der Veröffentlichung Ackermann et al.: "Fahrsicherheit durch robuste Lenkregelung", Automatisierungstechnik 44 (1996) 5, Seiten 219 bis 225 wird vorgeschlagen, die Gierdynamik eines Kraftfahrzeugs durch einen Lenkeingriff zu beeinflussen, wobei insbesondere ein integrierender Regler (I-Regler) vorgesehen ist.

Obwohl für die Ausregelung von großen Störungen, wie sie z. B. bei der  $\mu$ -Split-ABS-Bremse oder starkem Seitenwind auftreten, ein integrierender Giergeschwindigkeitsregler mit hoher Verstärkung besonders geeignet ist, verursacht ein solcher Regler andererseits bei kleinen Störungen, wie z. B. leichten Bodenwellen, häufig Lenkeingriffe, die unnötig und störend sind.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin,

das Gierverhalten eines Fahrzeugs durch Lenkeingriffe zu verbessern, ohne aber unnötig häufige Lenkeingriffe zu veranlassen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmalskombinationen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

## Vorteile der Erfindung

Wie schon erwähnt geht die Erfindung aus von einem Lenksystem für ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einem lenkbaren Rad, einem Stellantrieb und einem Überlagerungsgetriebe. Durch das Überlagerungsgetriebe werden die durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierte Lenkbewegung und die durch den Stellantrieb initiierte Bewegung zur Erzeugung der Lenkbewegung des lenkbaren Rades überlagert. Erfindungsgemäß wird eine die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierende Giergröße erfaßt und bei Vorliegen eines bestimmten Fahrzustands ein Steuersignal wenigstens abhängig von dieser erfaßten Giergröße gebildet. Der Stellantrieb wird dann zur Initiierung der Bewegung durch das erzeugte Steuersignal angesteuert. Weiterhin wird erfindungsgemäß eine den Bremszustand des Fahrzeugs repräsentierende Bremsgröße erfaßt und das Vorliegen des Fahrzustands abhängig von dieser erfaßten Bremsgröße bestimmt.

Die Erfindung ermöglicht einen aktiven Lenkeingriff zur Verbesserung des Gierverhaltens, der nur dann eingeschaltet wird, wenn eine äußere Störung der Fahrzeugbewegung detektiert wird.

Insbesondere ist vorgesehen, daß die erfaßte Bremsgröße einen Bremszustand des Fahrzeugs repräsentiert, bei dem ein Bremsvorgang auf einer Fahrbahn mit signifikant unterschiedlichen Fahrbahnreiwerten auf den unterschiedlichen Fahrzeugseiten stattfindet. Insbesondere ist vorgesehen, daß die erfaßte Bremsgröße abhängig von den Bremswirkungen, insbesondere abhängig von den Radbremsdrücken, wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten erfaßt wird. Die erfaßte Bremsgröße kann dabei abhängig von der Differenz der Radbremsdrücke wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten und/oder abhängig von dem Verhältnis des größeren zum kleineren der Radbremsdrücke ( $p_{V1}$ ,  $p_{V2}$ ) wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten erfaßt werden. Weiterhin kann vorgesehen sein, daß die erfaßte Bremsgröße abhängig von einer Betätigung der Bremssysteme des Fahrzeugs, insbesondere abhängig von einer Betätigung der Bremslichter, erfaßt wird.

Wie schon erwähnt wird bei solchen sogenannten  $\mu$ -Split-Bremsungen ein Giermoment induziert, dem es durch einen aktiven Lenkeingriff entgegenzuwirken gilt. Im Gegensatz zu Systemen, wie sie beispielsweise in der eingangs erwähnten DE-OS 40 38 079 (entspricht der US 5,316,379) beschrieben sind, wird durch die Erfindung auch bei ungleichmäßigem Bremsbelagverschleiß, Fading, unterschiedlichen Reifen rechts und links, Antiblockier- (ABS-) Fehlfunktion oder Bremskreisausfall korrekt in die Lenkung eingegriffen und der Gierbewegung fahrsicherheitssteigernd entgegengewirkt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß eine Sollgröße für die Gierbewegung des Fahrzeugs bestimmt wird. Diese Sollgröße wird insbesondere abhängig von der durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierten Lenkbewegung und/oder abhängig von der erfaßten Fahrzeuggeschwindigkeit bestimmt. Das Steuersignal wird dann wenigstens abhängig von der Abweichung zwischen der erfaßten Giergröße und der bestimmten Sollgröße gebildet.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die erfaßte Giergröße

oder die Abweichung zwischen der erfaßten Giergröße und der bestimmten Sollgröße zur Bildung des Steuersignals integriert wird (I-Regler). Wie schon beschrieben ist für die Ausregelung von großen Störungen, wie sie z. B. bei der  $\mu$ -Split-ABS-Bremung oder starkem Seitenwind auftreten, ein integrierender Giergeschwindigkeitsregler mit hoher Verstärkung besonders geeignet. Das Problem, daß ein solcher Regler bei kleinen Störungen, wie z. B. leichten Bodenwellen, häufig Lenkeingriffe verursacht, die unnötig und störend sind, wird durch die Erfindung gelöst. Es ist somit ein I-Regler mit hoher Verstärkung gefunden, der nur im Fall bestimmter großer Störungen eingreift.

Weiterhin ist es vorteilhaft, daß nach dem Vorliegen des bestimmten Fahrzustands, also wenn dieser Fahrzustand nicht mehr vorliegt, das Steuersignal oder wenigstens den abhängig von der Giergröße gebildeten Anteil des Steuersignals mit einem zeitlich abnehmenden Verhalten auf einen vorgebbaren Wert, insbesondere auf den Wert Null, zu führen. Das zeitlich abnehmende Verhalten kann dabei durch eine Rampe oder durch ein Verzögerungsverhalten erster Ordnung realisiert sein. Insbesondere kann das zeitlich abnehmende Verhalten von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängen. Gemäß dieser Ausgestaltung der Erfindung wird der Zusatzlenkwinkel auf den Wert Null zurückgeführt, wenn keine äußere Störung mehr vorliegt.

Eine verbesserte Detektion von äußeren Störungen wird dadurch erzielt, daß die erfaßte Bremsgröße weiterhin abhängig ist von der durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierten Lenkbewegung und der Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder von einer die Querbeschleunigung des Fahrzeugs repräsentierenden Größe. Bei dieser Variante wird bei der  $\mu$ -Split-Erkennung zusätzlich der Lenkwinkel und die Fahrzeuggeschwindigkeit oder die Querbeschleunigung berücksichtigt, um  $\mu$ -Split-Bremung und Kurvenbremsung besser unterscheiden zu können.

Da auch Seitenwind zu einer unerwünschten Gierbewegung des Fahrzeugs führen kann, ist es darüber hinaus vorteilhaft, daß eine einen Seitenwindeinfluß auf das Fahrzeug repräsentierende Seitenwindgröße erfaßt wird, und das Vorliegen des Fahrzustands auch abhängig der erfaßten Seitenwindgröße bestimmt wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

### Zeichnungen

Die Fig. 1 und 2 zeigen schematisch das Lenksystem nach dem Stand der Technik, von dem die Erfindung im Ausführungsbeispiel ausgeht. Die Fig. 3 stellt die Steuerungs- bzw. Regelungsstrategie eines solchen Lenksystems dar. Die Fig. 4 zeigt eine Giermomentenkompensation, die Fig. 5 eine Giergeschwindigkeitsregelung, während die Fig. 6 die erfindungsgemäße Kombination des Giergeschwindigkeitsreglers mit der  $\mu$ -Split-Erkennung zeigt.

### Ausführungsbeispiel

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels dargestellt werden. Dabei wird beispielhaft von einer eingangs erwähnten Überlagerungslenkung ausgegangen.

Die Fig. 1 bzw. Fig. 2 zeigt mit den Bezugszeichen 11 bzw. 21 ein von dem Fahrer des Fahrzeugs betätigbares Lenkrad. Durch die Betätigung des Lenkrades 11 bzw. 21 wird dem Überlagerungsgetriebe 12 bzw. 22 durch die Verbindung 101 der Lenkradwinkel  $\delta_L$  zugeführt. Gleichzeitig wird dem Überlagerungsgetriebe 12 bzw. 22 über die Verbindung 104 der Motorwinkel  $\delta_M$  des Stellantriebes 13 bzw.

23 zugeleitet, wobei der Stellantrieb als Elektromotor ausgebildet sein kann. Ausgangsseitig des Überlagerungsgetriebes 12 bzw. 22 wird die Gesamtbewegung  $\delta_L'$  über die Verbindung 103 dem Lenkgetriebe 14 bzw. 24 zugeführt, das wiederum über das Lenkgestänge 16 entsprechend dem Gesamtwinkel  $\delta_L'$  die lenkbaren Räder 15a und 15b mit dem Lenkwinkel  $\delta_V$  beaufschlagt. In der Fig. 2 sind weiterhin Sensoren 28 und 26 zu sehen, wobei der Sensor 28 den Lenkradwinkel  $\delta_L$  detektiert und dem Steuergerät 27 zugeführt, während mit dem Bezugszeichen 26 Sensoren gekennzeichnet sind, die die Bewegungen des Fahrzeugs 25 (bspw. Gierbewegungen, Querbeschleunigung, Fahrzeuggeschwindigkeit usw.) sensieren und entsprechende Ausgangssignale  $S_m$  dem Steuergerät 27 zuführen. Das Steuergerät 27 ermittelt, abhängig vom erfaßten Lenkradwinkel  $\delta_L$  und ggf. abhängig von den Fahrzeugbewegungen eine Stellgröße  $u$  zur Ansteuerung des Stellantriebes 13 bzw. 23.

Die Fig. 3 zeigt anhand eines Blockschaltbildes die Funktionsweise des Lenksystems im Fahrbetrieb des Fahrzeugs. Die Einstellung des Zusatzlenkwinkels  $\delta_M$  erfolgt, indem ein Fahrzeugregler oder eine Steuerung 31 einen Sollwert  $\delta_{M,soll}$  für den Zusatzwinkel bestimmt. Dies geschieht abhängig von der durch den Sensor 26 erfaßten Gierwinkelgeschwindigkeit  $\omega$  des Fahrzeugs. Der Sollwert  $\delta_{M,soll}$  wird von einem unterlagerten Lageregler 32 und evtl. Stromregler durch den Motor 33 eingestellt und dem durch den Fahrer induzierten Lenkradwinkel  $\delta_L$  im Punkt 35 (überlagerungsgetriebe) überlagert. Selbstverständlich kann auch vorgesehen sein, daß der Sollwert  $\delta_{M,soll}$  für den Zusatzwinkel auch Anteile enthält die, beispielsweise zur Lenkunterstützung des Fahrers, abhängig von dem Lenkradwinkel  $\delta_L$  sind.

In der Fig. 4 wird die Ermittlung des Sollwertes  $\delta_{M,soll}$  im Falle einer  $\mu$ -Split-Bremung gezeigt. In diesem Fall findet also ein starker Bremsvorgang, insbesondere eine Antiblockierbremung (ABS-Bremung), auf einer Fahrbahn statt, die auf der rechten und der linken Fahrzeugseite sehr unterschiedliche Reibwerte aufweist. Es kommt in bekannter Weise zu einem Giermoment. Bei der in der Fig. 4 dargestellten Giermomentkompensation werden zunächst die Bremsdrücke  $p_{vl}$  und  $p_{vr}$  am linken und rechten Vorderrad entweder direkt sensiert oder aus vorliegenden Meßdaten (z. B. Ventilöffnungszeiten, Vordruck) berechnet (Erfassungsmittel 40a und 40b). Diese Radbremsdrücke werden dann in den Filtern 41 und 42 zur Ausblendung von Störeinflüssen gefiltert. Die Differenz der so gefilterten Bremsdrücke wird dann im Block 43 (Proportionalverstärker mit Totband) bearbeitet. Der Sollwert  $\delta_{M,soll}$  für den Zusatzwinkel wird dann aus der so bearbeiteten Differenz mittels eines konstanten und eines zeitvariablen Verstärkungsfaktors (Blöcke 44 und 45) bestimmt.

Bei der in der Fig. 4 gezeigten Giermomentenkompensation besteht das schon erwähnte Problem, daß die Bremsdruckdifferenz nur ein ungenaues Maß für das Giermoment darstellt, das insbesondere durch verschiedene Reifen links und rechts, Fading, ungleichmäßigen Bremsenverschleiß, ABS-Fehlfunktion oder Bremskreisausfall stark verfälscht werden kann.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Ausregelung der Störungen durch einen Giergeschwindigkeitsregler nach Fig. 5. Dabei wird aus der Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_x$ , dem Lenkradwinkel  $\delta_L$  (Sensor 28) und evtl. weiteren Größen ein Sollwert  $\omega_{soll}$  für die Giergeschwindigkeit berechnet (Block 51) und mit der gemessenen Giergeschwindigkeit  $\omega$  des Fahrzeugs verglichen. Wird im Giergeschwindigkeitsregler 52 festgestellt, daß der Soll- und Istwert voneinander abweichen, so bestimmt der Giergeschwindigkeitsregler 52 einen geeigneten Sollwert  $\delta_{M,soll}$  für den Zusatzlenkwinkel, um die Abweichung zu reduzieren. Der Lageregler 53 und

der Motor 54 entsprechen dabei den anhand der Fig. 3 beschriebenen Blöcken 32 und 33.

Für die  $\mu$ -Split-Bremung ist die Verwendung eines reinen I-Reglers als Giergeschwindigkeitsregler besonders günstig. Das bedeutet das Regelgesetz:

$$\delta_{M,soll} = K_I \cdot \int (\omega_{soll} - \omega) dt$$

bzw.

$$d\delta_{M,soll}/dt = K_I \cdot (\omega_{soll} - \omega)$$

$K_I$  ist dabei ein konstanter Verstärkungsfaktor. Wie oben erwähnt führt dieses Regelgesetz aber zu häufigen kleinen Eingriffen, die unnötig und störend sind.

Die anhand der Fig. 5 beschriebene Giergeschwindigkeitsregelung stellt die Basis für die in der Fig. 6 dargestellte Kombination dar.

Dem Giergeschwindigkeitsregler 61 wird die durch den Sensor 26 erfaßte momentane Gierwinkelgeschwindigkeit  $\omega$  und der entsprechende Sollwert (Block 51, siehe Fig. 5) zugeführt. Die in der Verknüpfung 611 gebildete Differenz  $(\omega_{soll} - \omega)$  wird der Verstärkerstufe 612 (Integrationsverstärkung  $K_I$ ) zugeführt. Nimmt der Schalter 615 die in der Fig. 6 gezeigte Stellung ein, so wird die Differenz  $(\omega_{soll} - \omega)$  über den Integrierer 613 geleitet und zu der Sollgröße  $\delta_{M,soll}$  für den Zusatzlenkwinkel  $\delta_M$  bearbeitet. Weist der durch das Signal S ansteuerbare Schalter 615 die andere, in der Fig. 6 nicht dargestellte Stellung auf, so wird die Sollgröße  $\delta_{M,soll}$  über die Verstärkerstufe 614 auf den Eingang des Integrierers 613 gelegt.

Der integrierende Giergeschwindigkeitsregler 61 wird also erst bei einer durch die  $\mu$ -Split-Erkennung 62 erkannten  $\mu$ -Split-Bremung eingeschaltet. Der Schalter 615 hat dabei die in der Fig. 6 dargestellte Stellung. Bevor eine  $\mu$ -Split-Bremung erkannt wird, ist die Stellgröße  $\delta_{M,soll} = 0$ . Ist die  $\mu$ -Split-Bremung beendet, so wird der dann noch anstehende Zusatzwinkel bzw. die entsprechende Sollgröße  $\delta_{M,soll}$  wieder auf den Wert Null zurückgeführt; dies erfolgt vorzugsweise mit einem Verzögerungsverhalten erster Ordnung. Der Schalter 615 hat dabei die in der Fig. 6 nicht dargestellte Stellung.

Wird der Fahrtbeginn durch die Zeit  $t = 0$  gekennzeichnet, so wird das Regelgesetz durch folgende Gleichungen beschrieben:

für  $t = 0$ :

$$\delta_{M,soll}(t = 0) = 0;$$

für  $t > 0$ :

$$d\delta_{M,soll}(t)/dt = K_I \cdot (\omega_{soll} - \omega),$$

wenn  $\mu$ -Split-Bremung vorliegt;

$$d\delta_{M,soll}(t)/dt = -a \cdot \delta_{M,soll}(t),$$

wenn keine  $\mu$ -Split-Bremung vorliegt.

Dabei ist  $K_I > 0$  eine konstante Verstärkung, die ungefähr so groß wie die Lenkübersetzung  $i_L$  ist.  $a > 0$  ist ein konstanter Faktor, wobei  $1/a$  die Zeitkonstante ist, mit der der Zusatzwinkel bzw. die Sollgröße  $\delta_{M,soll}$  nach Ende der  $\mu$ -Split-Bremung zurückgenommen wird.

Die  $\mu$ -Split-Erkennung 62 arbeitet wie folgt: Wenn die Bremse betätigt wird, was mittels des Bremslichtschalters 63 (Signal BLS) festgestellt wird, wird anhand der Bremsdrücke  $p_{vT}$  und  $p_{vL}$  an den Vorderrädern erkannt, ob eine  $\mu$ -Split-Situation vorliegt oder nicht. Die Bremsdrücke

können dabei direkt gemessen oder aus anderen vorliegenden Größen wie ABS-Ventilöffnungszeiten und Vordruck abgeschätzt werden.

Nach Aushblendung der Störeinflüsse durch die Filter 41 und 42 wird im Punkt 625 die Bremsdruckdifferenz  $\Delta p = (p_{vL} - p_{vT})$  gebildet. Überschreitet die Bremsdruckdifferenz  $\Delta p$  betragsmäßig einen bestimmten Grenzwert  $P_G$ , der auch vom Gesamtdruckniveau abhängen kann, so wird gefolgert, daß es sich um eine  $\mu$ -Split-Bremung handelt. Daraufhin wird das  $\mu$ -Split-Flag auf den Wert Eins gesetzt, sonst ist es Null.

Der Grenzwert  $P_G$  wird an das Gesamtdruckniveau angepaßt, indem der konstante Wert  $P_{G0}$  um das mit dem konstanten Faktor  $K_G$  (Block 622) gewichtete Produkt (Block 621) der gefilterten Bremsdrücke erhöht wird.

Das  $\mu$ -Split-Flag wird mit dem BLS-Wert im Block 626 multipliziert bzw. logisch UND-verknüpft. Wird so erkannt, daß momentan auf  $\mu$ -Split gebremst wird, so wird durch das Signal S der Schalter 615 in der in der Fig. 6 eingezeichneten Stellung gebracht, womit der I-Regler eingeschaltet ist. Liegt keine  $\mu$ -Split-Bremung vor, so wird der Schalter 615 umgeschaltet und  $\delta_{M,soll}$  gegen Null geführt.

Neben der beschriebene Berücksichtigung der Radbremsdruckdifferenzen kann das Verhältnis des größeren zum kleineren der Radbremsdrücke ( $p_{vT}$ ,  $p_{vL}$ ) wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten ausgewertet werden.

Die vorgeschlagene schaltbare Giergeschwindigkeitsregler ermöglicht zahlreiche Varianten und Erweiterungen:

- Nach Ende der  $\mu$ -Split-Bremung wird der Zusatzwinkel nicht mit einem Verzögerungsverhalten sondern rampenförmig, d. h. mit der konstanten Geschwindigkeit  $\pm d\delta_{M,soll}(0)/dt$ , auf Null zurückgeführt.
- Die Rückführung auf den Wert Null, d. h. der Faktor  $a$  oder die Geschwindigkeit  $\pm d\delta_{M,soll}(0)/dt$ , hängt von der Fahrzeuggeschwindigkeit ab.
- Bei Stillstand des Fahrzeugs wird der Zusatzwinkel nicht verändert; ist bei Erreichen des Fahrzeugstillstands  $\delta_M \neq 0$  bzw.  $\delta_{M,soll} \neq 0$ , so wird der Zusatzwinkel erst dann auf Null zurückgeführt, wenn das Fahrzeug wieder anfährt.
- In der  $\mu$ -Split-Erkennung werden zusätzlich der Lenkwinkel und die Fahrzeuggeschwindigkeit oder die Querschleunigung berücksichtigt, um  $\mu$ -Split-Bremung und Kurvenbremsung besser unterscheiden zu können.
- Anstatt der  $\mu$ -Split-Erkennung nach der Fig. 6 zu verwenden, kann dann auf eine  $\mu$ -Split-Bremung geschlossen werden, wenn der sog.  $\mu$ -Split-Faktor

$$\frac{P_{\max} + P_{\text{off}}}{P_{\min} + P_{\text{off}}} - 1$$

$$P_2 \cdot |a_y| + P_1 \cdot |d\omega / dt| + P_0$$

einen bestimmten Grenzwert überschreitet. Dabei ist  $P_{\max} = \max(p_{vL}, p_{vT})$ ,  $P_{\min} = \min(p_{vL}, p_{vT})$ ;  $P_{\text{off}}$  ist ein konstanter Offset und  $a_y$  die Fahrzeugquerbeschleunigung;  $P_0$ ,  $P_1$  und  $P_2$  sind konstante Parameter.

- Anstatt einer separaten  $\mu$ -Split-Erkennung wird das  $\mu$ -Split-Flag verwendet, das im allgemeinen in einem konventionellen Antiblockierregelungs-Steuergerät vorliegt.

- Der integrierende Regler wird auch bei Seitenwind eingeschaltet. Daß Seitenwind herrscht, wird mittels Luftdrucksensoren an verschiedenen Stellen der Karosserie detektiert, vgl. Tran, V.T.: Crosswind Feedfor-

ward Control

- A Measure to Improve Vehicle Crosswind Behaviour; Vehicle System Dynamics 23 (1993), S. 165-205.

- Der schaltbare I-Regler wird durch weitere Rückführungen ergänzt, z. B. eine proportionale Rückführung der Giergeschwindigkeit zur Dämpfung der Gierbewegung, die selbstverständlich zu allen Zeiten Lenkeingriffe veranlassen können.

Zusammenfassend können als Vorteile der Erfindung herausgestellt werden:

- Es wird ein integrierender Giergeschwindigkeitsregler für einen aktiven Lenkeingriff vorgestellt, der nur dann eingeschaltet wird, wenn eine äußere Störung der Fahrzeugbewegung detektiert wird. Liegt keine äußere Störung vor, wird der Zusatzlenkwinkel auf den Wert Null zurückgeführt.
- Im Gegensatz zu einem konventionellen Giermomenteneingriff wird auch bei ungleichmäßigem Bremsbelagverschleiß, Fading, unterschiedlichen Reifen rechts und links, ABS-Fehlfunktion oder Bremskreisausfall richtig in die Lenkung eingegriffen.
- Bei der Störung kann es sich auch um Seitenwind, der mittels Luftdrucksensoren erkannt werden kann, handeln.
- Der schaltbare I-Regler kann durch weitere Regler oder Steuerungen ergänzt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einem lenkbaren Rad (15), einem Stellantrieb (13; 23) und einem Überlagerungsgetriebe (12; 22), wobei durch das Überlagerungsgetriebe die durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierte Lenkbewegung ( $\delta_L$ ) und die durch den Stellantrieb (13; 23) initiierte Bewegung ( $\delta_M$ ) zur Erzeugung der Lenkbewegung des lenkbaren Rades überlagert werden, wobei
  - eine die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierende Giergröße ( $\omega$ ) erfaßt wird,
  - ein Steuersignal ( $\delta_{M,soll}$ ) bei Vorliegen eines bestimmten Fahrzustands wenigstens abhängig von der erfaßten Giergröße ( $\omega_{ist}$ ) gebildet wird,
  - der Stellantrieb (13; 23) zur Initiierung der Bewegung ( $\delta_M$ ) durch das erzeugte Steuersignal ( $\delta_{M,soll}$ ) angesteuert wird,
  - eine den Bremszustand des Fahrzeugs repräsentierende Bremsgröße (S) erfaßt wird, und
  - das Vorliegen des Fahrzustands abhängig der erfaßten Bremsgröße (S) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßte Bremsgröße (S) einen Bremszustand des Fahrzeugs repräsentiert, bei dem ein Bremsvorgang auf einer Fahrbahn mit signifikant unterschiedlichen Fahrbahnreibwerten auf den unterschiedlichen Fahrzeugseiten stattfindet ( $\mu$ -Split-Bremsungen).
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßte Bremsgröße (S) abhängig von den Bremswirkungen, insbesondere abhängig von den Radbremsdrücken ( $p_{v,r}$ ,  $p_{v,l}$ ), wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten erfaßt wird, wobei insbesondere vorgesehen ist, daß die erfaßte Bremsgröße (S) abhängig von der Differenz der Rad-

bremsdrücke ( $p_{v,r}$ ,  $p_{v,l}$ ) wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten und/oder abhängig von dem Verhältnis des größeren zum kleineren der Radbremsdrücke ( $p_{v,r}$ ,  $p_{v,l}$ ) wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten erfaßt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßte Bremsgröße (S) abhängig von einer Betätigung der Bremssysteme des Fahrzeugs, insbesondere abhängig von einer Betätigung der Bremslichter, erfaßt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sollgröße ( $\omega_{soll}$ ) für die Gierbewegung des Fahrzeugs, insbesondere abhängig von der durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierten Lenkbewegung ( $\delta_L$ ) und/oder abhängig von der erfaßten Fahrzeuggeschwindigkeit, bestimmt wird, und das Steuersignal ( $\delta_{M,soll}$ ) wenigstens abhängig von der Abweichung ( $\omega_{soll} - \omega_{ist}$ ) zwischen der erfaßten Giergröße und der bestimmten Sollgröße gebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßte Giergröße ( $\omega_{ist}$ ) oder die Abweichung ( $\omega_{soll} - \omega_{ist}$ ) zur Bildung des Steuersignals ( $\delta_{M,soll}$ ) integriert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Vorliegen des bestimmten Fahrzustands das Steuersignal ( $\delta_{M,soll}$ ) oder wenigstens der abhängig von der Giergröße ( $\omega_{ist}$ ) gebildete Anteil des Steuersignals ( $\delta_{M,soll}$ ) mit einem zeitlich abnehmenden Verhalten auf einen vorgebbaren Wert, insbesondere auf den Wert Null, geführt wird, wobei das zeitlich abnehmende Verhalten insbesondere durch eine Rampe oder durch ein Verzögerungsverhalten erster Ordnung realisiert sein kann und/oder das zeitlich abnehmende Verhalten von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängt.

8. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßte Bremsgröße (S) weiterhin abhängig ist von der durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierten Lenkbewegung ( $\delta_L$ ) und der Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder einer die Querbeschleunigung des Fahrzeugs repräsentierenden Größe.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine einen Seitenwind einfluß auf das Fahrzeug repräsentierende Seitenwindgröße erfaßt wird, und das Vorliegen des Fahrzustands auch abhängig der erfaßten Seitenwindgröße bestimmt wird.

10. Vorrichtung zum Betrieb eines Lenksystems für ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einem lenkbaren Rad (15), einem Stellantrieb (13; 23) und einem Überlagerungsgetriebe (12; 22), wobei durch das Überlagerungsgetriebe die durch den Fahrer des Fahrzeugs initiierte Lenkbewegung ( $\delta_L$ ) und die durch den Stellantrieb (13; 23) initiierte Bewegung ( $\delta_M$ ) zur Erzeugung der Lenkbewegung des lenkbaren Rades überlagert werden, wobei vorgesehen sind:

- Mittel (26) zur Erfassung einer die Gierbewegung des Fahrzeugs repräsentierenden Giergröße ( $\omega$ ),
- Mittel (61) zur Bildung eines Steuersignals ( $\delta_{M,soll}$ ) bei Vorliegen eines bestimmten Fahrzustands wenigstens abhängig von der erfaßten Giergröße ( $\omega_{ist}$ ),
- Mittel (27) zur Ansteuerung des Stellantriebs (13; 23) zur Initiierung der Bewegung ( $\delta_M$ ) durch das erzeugte Steuersignal ( $\delta_{M,soll}$ ),
- Mittel (62) zur Erfassung einer den Bremszustand des Fahrzeugs repräsentierenden Brems-

größe (S) und

– Mittel (615) zur Bestimmung des Vorliegens des Fahrzustands abhängig der erfaßten Bremsgröße (S).

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die erfaßte Bremsgröße (S) abhängig von den Bremswirkungen, insbesondere abhängig von den Radbremsdrücken ( $p_{vT}$ ,  $p_{vL}$ ), wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten erfaßt wird, wobei insbesondere vorgesehen ist, daß die erfaßte Bremsgröße (S) abhängig von der Differenz der Radbremsdrücke ( $p_{vT}$ ,  $p_{vL}$ ) wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten und/oder abhängig von dem Verhältnis des größeren zum kleineren der Radbremsdrücke ( $p_{vT}$ ,  $p_{vL}$ ) wenigstens zweier Radbremsen auf unterschiedlichen Fahrzeugseiten erfaßt wird.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

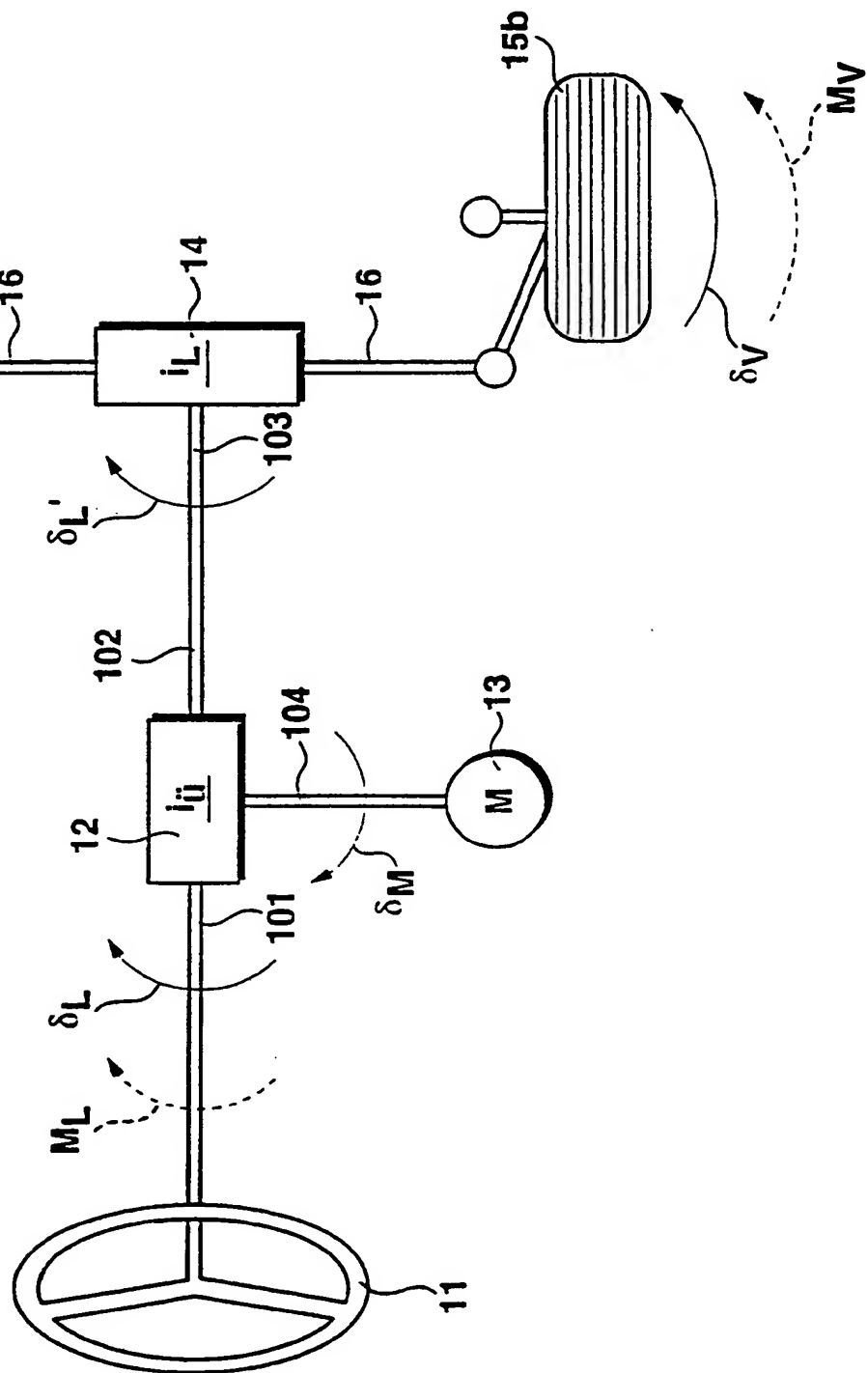
50

55

60

65

**Fig. 1**  
**Stand der Technik**



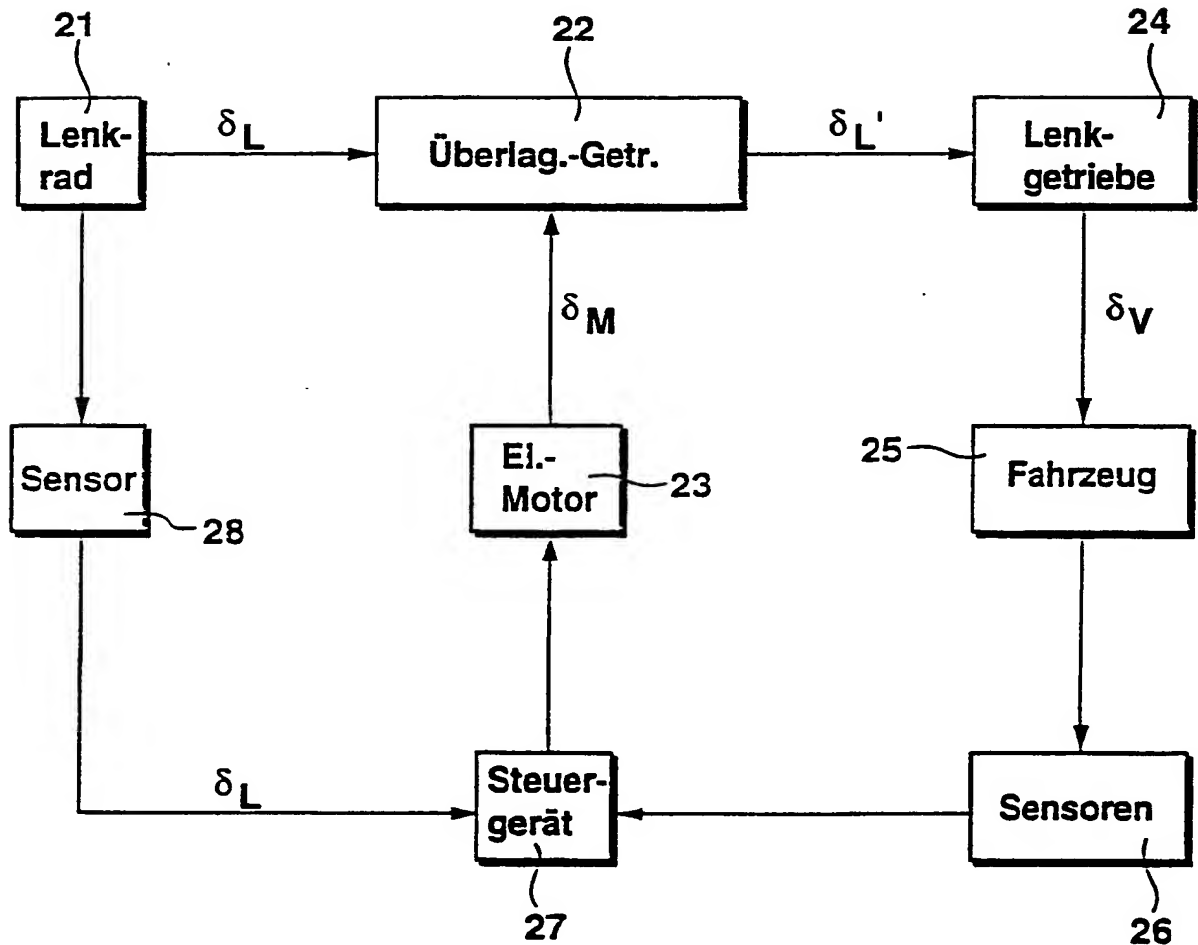
**Fig. 2****Stand der Technik**



Fig. 3

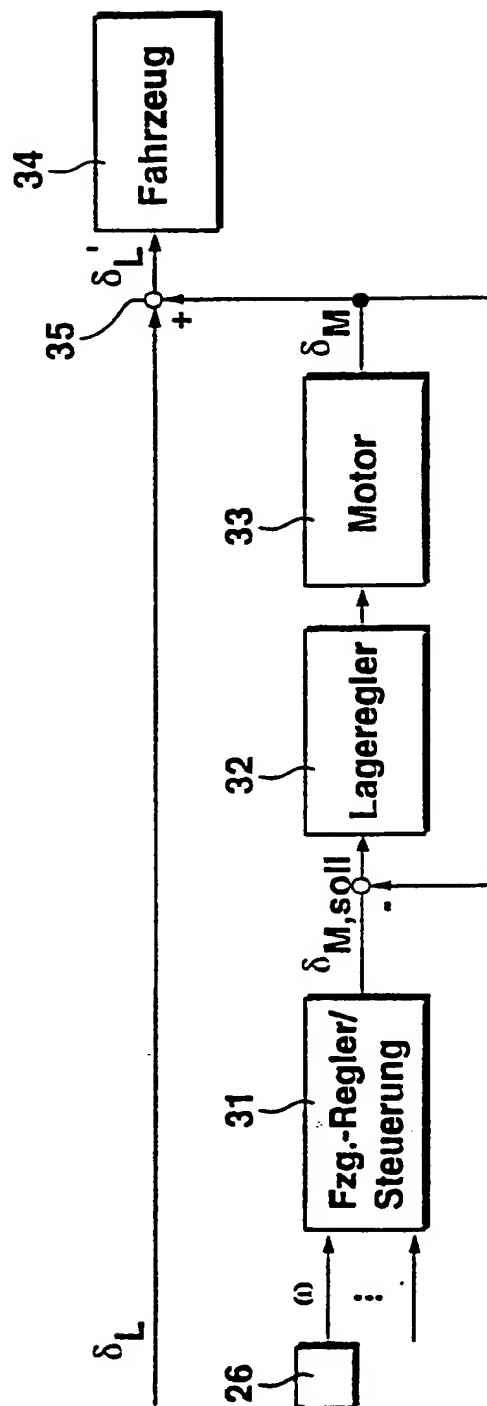


Fig. 4

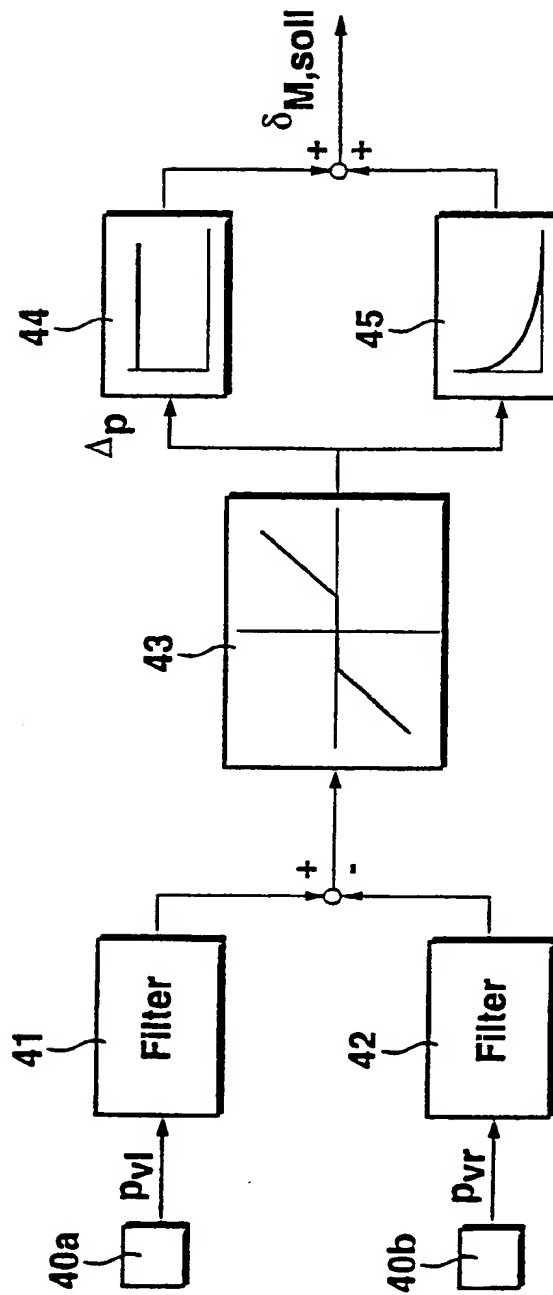
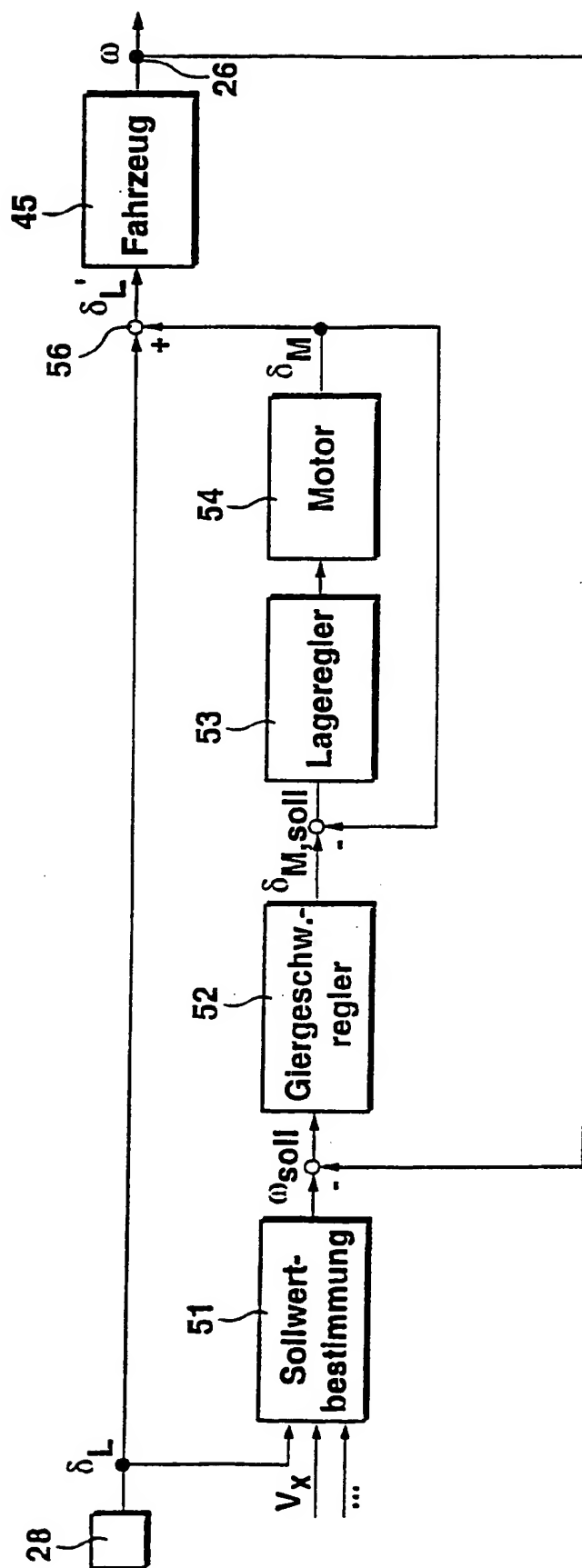


Fig. 5



**Fig. 6**

